

Material Hub – Ordnung im Chaos der Werkstoffdatenquellen

Dr. Marc Mosch, Carsten Radeck, Maria Schumann (MaterialHub@slub-dresden.de)

Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

Kurzfassung

Neuartige Materialien spielen eine entscheidende Rolle in Innovationsprozessen und sind die Voraussetzung für eine Vielzahl neuer Produkte. Der Standort Dresden stellt mit der Exzellenz-Universität TU Dresden und einer Vielzahl an außeruniversitären Einrichtungen ein bedeutendes europäisches Zentrum auf dem Gebiet der Materialforschung dar. Das breite wissenschaftliche und technologische Spektrum sowie die enorme Forschungsdichte in Kombination mit einer hohen fachlichen Vernetzung führen einerseits zu Synergieeffekten unter den Wissenschaftlern und verschaffen andererseits der Wirtschaft einen enormen Standortvorteil. Sollen diese Vorteile voll ausgenutzt werden, bedarf es eines vereinheitlichten, intuitiven Informationszugangs. Aktuell werden Materialdaten jedoch typischerweise auf einer Vielzahl separierter, teilweise eingeschränkt zugänglicher Datenbestände gehalten und sind nach heterogenen Schemas und in variierendem Detailgrad beschrieben. Zwar existieren bereits Rechercheportale, diese sind jedoch domänenspezifisch, kostenpflichtig oder bieten nur auf spezielle Zielgruppen zugeschnittene Bedienoberflächen, die für andere Nutzer kaum bedienbar sind. Verteilte Recherchen über mehrere Datenquellen und Portale sind zeitaufwändig und mühsam. Abhilfe soll die hier vorgestellte integrierte Material-Recherche-Plattform *Material Hub*¹ schaffen. Sie muss den Anforderungen von Herstellern und Zulieferern, deren Daten sie enthält ebenso entsprechen wie den Anforderungen der Anwender aus Forschung, Industrie und Handwerk. Diese den Wissenschaftsraum Dresden integrierende Plattform soll weitere erstklassige Forschungs- und Innovationsleistungen stimulieren, Kooperationen begünstigen und die Vermarktung innovativer Ideen und Lösungen wesentlich erleichtern. Außerdem soll Material Hub die Sichtbarkeit und Reichweite der Dresdner Materialforschung erhöhen und so die bereits vorhandene Leistungsfähigkeit signifikant stärken.

Gegenstand dieses Artikels ist das technische Grundkonzept des Material Hub. Ein wesentlicher Aspekt besteht dabei in der Zusammenführung verschiedener Datenquellen in einem zentralen Rechercheportal. Integriert werden Forschungsdaten, Herstellerinformationen und Anwendungsbeispiele, die sowohl hinsichtlich Domäne als auch hinsichtlich Detailgrad und

¹ gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung



Europäische Union

Europa fördert Sachsen.



zugrundeliegendem Schema heterogen sind. Dazu wird in Abstimmung mit Werkstoffwissenschaftlern ein Schema zur Materialbeschreibung sowie eine semantische Wissensbasis konzipiert, die z. B. Synonyme und inhaltliche Zusammenhänge modelliert. Basierend darauf werden die Datenbestände indexiert und für die Recherche zugänglich gemacht. Die Benutzeroberfläche unterstützt mehrere Suchmasken, von der klassischen Stichwortsuche über die facetthierarchisierte Suche bis hin zu stärker geführten Ansätzen, um zielgruppenspezifischen Anwendungsfällen durch geeignete UI-Konzepte gerecht zu werden. Neben konzeptionellen Ansätzen behandelt dieser Artikel erste Implementierungs- und Evaluationsergebnisse.

1. Einleitung

Innovationsprozesse werden durch neuartige Materialien vorangetrieben. Materialinnovationen stellen nicht nur einen entscheidenden Faktor für die Entwicklung neuer Produkte, sondern auch für die Umsetzung von Bemühungen zum Schutz der Umwelt dar. Beispielsweise wird durch die im Verhältnis zum Gewicht erhöhte Stabilität von Verbundwerkstoffen eine Gewichtsreduzierung gegenüber herkömmlichen Werkstoffen erreicht. Im Automobilbau und in Luft- und Raumfahrt wird durch den Einsatz von Verbundstoffen wie Carbon eine energieeffizientere Fortbewegung ermöglicht. Im Bauwesen wird der Einsatz von Carbon an Stelle von Stahl als Bewehrung ebenfalls eine Gewichtsreduzierung ermöglichen, die bei Herstellung, Transport und Einsatz den Energieaufwand verringert. Das und die bessere Haltbarkeit machen ein nachhaltigeres und ökologischeres Bauen möglich. Darüber hinaus wird bei gleichbleibender Festigkeit und Steifigkeit eine filigranere und vielfältigere Formsprache möglich.

In diesen und vielen ähnlich zukunftssträchtigen Bereichen wird in Dresden geforscht. Die Exzellenz-Universität TU Dresden und die zahlreichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Großraum Dresden sind stark untereinander vernetzt und bilden ein bedeutendes europäisches Materialforschungszentrum. Die damit einhergehende hohe Forschungsdichte und das breite wissenschaftliche und technologische Spektrum verschaffen der ortsansässigen Wirtschaft einen enormen Standortvorteil. Aktuell wird dieses Potenzial jedoch, wie auch an anderen Standorten, noch nicht voll ausgeschöpft. Es ist ein generelles Problem: Materialdaten sind im Normalfall auf einer Vielzahl separierter, teilweise eingeschränkt zugänglicher Datenbestände zu finden. Sie sind nach heterogenen Schemas und in variierendem Detailgrad beschrieben. Bereits existierende Rechercheportale erlauben teilweise zwar den konsolidierten Zugriff auf solche Daten, sind aber meist domänenspezifisch beschränkt, kostenpflichtig oder bieten Bedienoberflächen, die sehr spezialisiert sind und damit nur einen engen Nutzerkreis adressieren. Eine Recherche gestaltet sich zeitaufwändig und mühsam, da Medienbrü-

che auftreten und manuelle Zusammenführungen notwendig sind. Um diese Defizite zu beheben, bedarf es einer integrierten Plattform zur Publikation von und Recherche nach Materialien. Diese muss sowohl die Anforderungen von Herstellern und Zulieferern als auch die von Anwendern aus Forschung, Industrie und Handwerk abdecken.

Dabei gilt es mehreren Herausforderungen zu begegnen. Die Quelldaten unterscheiden sich beispielsweise hinsichtlich ihrer Vokabulare und Datenformate. Die Persistenzlösungen variieren dabei stark. Verschiedene dateibasierte Formate müssen ebenso berücksichtigt werden, wie die Programmierschnittstellen verschiedener Datenbanken. Für KMUs, die aufgrund ihres überschaubaren Portfolios keine eigene Datenhaltung haben, müssen alternative Persistenzlösungen gefunden werden. Außerdem variieren relevante Materialeigenschaften in Abhängigkeit von Materialklasse und Anwendungsdomäne. So zählen wegen potentiell gesundheitsschädlicher Stoffübergänge und strikter Hygiene- und Reinigungsvorschriften Konformitätserklärungen zu den wichtigsten Informationen über Lebensmittelkontaktmaterialien, während sie bei anderen Werkstoffen wesentlich weniger relevant sind. Um trotz dieser Heterogenität ein gemeinsames Verständnis für die Bedeutung der Daten zu erzeugen und darüber hinaus effektive Durchsuchbarkeit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, ist es nötig ein konsolidiertes Werkstoff-Metamodell zu entwickeln. Dieses Metamodell muss generisch genug sein, um Werkstoffe aller relevanten Klassen beschreiben zu können. Gleichzeitig ist es nötig das Modell so kompakt wie möglich zu halten, um die Übersichtlichkeit des Modells, sowie die Wartbarkeit und Leistungsfähigkeit des Rechercheportals zu gewährleisten – eine Gradwanderung zwischen Abbildungsmächtigkeit und Bedarfsgerechtigkeit. Das führt dazu, dass umfangreiche Messreihen, wie sie bei Materialerprobungen im Forschungsumfeld entstehen, schon alleine aufgrund der dabei anfallenden großen Datenmengen nicht im Material Hub abgebildet werden. Stattdessen ist es aber möglich, sie zu verlinken. Eine weitere Herausforderung besteht im Interessenausgleich zwischen den Stakeholdern des Material Hub. Da Material Hub als offenes und kostenfreies Rechercheportal konzipiert ist, können die datenbereitstellenden Partner nicht mit einer direkten finanziellen Entlohnung rechnen. Hier gilt es alternative Anreize, etwa in Form von Kundenvermittlung und Marktüberblick, zu schaffen. Dem breitgefächerten Nutzerkreis des Material Hub und verschiedenen Anwendungsfällen muss bei der Gestaltung der Nutzeroberfläche Rechnung getragen werden. Um den Rechercheprozess für möglichst viele Nutzer intuitiv zu gestalten und ihn mit geeigneten Such- und Filtermöglichkeiten auszustatten, ist es nötig, die Rechercheoberfläche zu variieren und den jeweiligen Fähigkeiten und Bedürfnissen des Nutzers anzupassen. Je nach Anwendungsfall und Nutzerexpertise ist eine individuelle Unterstützung und eine Adaption des Dargestellten nötig. Soll auch solchen Nutzern, denen es an Expertise zu geeigneten Recherchestrategien fehlt, die sinn-

volle Nutzung des Material Hub ermöglicht werden, müssen intuitive Explorationsmöglichkeiten und Assistenzfunktionen wie beispielsweise Empfehlungssysteme entwickelt werden. Es gilt einen Mehrwert gegenüber der Kombination von generellen Suchmaschinen wie Google oder Bing und existierenden Materialdatenbanken zu schaffen. Auch muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass Materialbeschreibungen hinsichtlich Datengenauigkeit und -umfang sehr heterogen sind. Forscher erheben beispielsweise Messreihen, welche die Entwicklung einer einzelnen Eigenschaft über die Zeit in hoher Auflösung betrachten. Anwender beschreiben ihre Anwendungsfälle für das Material, wie es sich bearbeiten und wofür es sich nutzen lässt. Sie erzeugen also Daten qualitativer Natur. Hersteller bieten hingegen meist umfangreiche Eigenschaftssammlungen zu ihren Materialien/Produkten. Dabei bilden sie Messspannen auf quantitative Durchschnittswerte ab. All diese unterschiedlichen Datenbestände gilt es mit geringstmöglichem Informationsverlust so in einem einheitlichen Datenbestand unterzubringen, dass die aggregierten Ergebnisse auf intuitive Weise durchsuchbar werden.

Ausgehend von diesen Anforderungen wird im Projekt Material Hub an der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden das gleichnamige Materialrechercheportal entwickelt. Material Hub erlaubt es Anwendern aus Wissenschaft, Industrie und Handwerk, werkstoffklassenübergreifende Suchen an einem zentralen Anlaufpunkt durchzuführen. Durch den simultanen Zugriff auf eine Vielzahl heterogener Datenbanken und die semantische Anreicherung der Zwischenergebnisse erhalten die Anwender einen umfassenden Überblick, und das in einem Bruchteil der Zeit, die sie für eine herkömmliche Suche in verteilten Datenbeständen und die anschließende manuelle Zusammenführung benötigt hätten.

Dieser Artikel ist wie folgt untergliedert: Zunächst werden Material Hub und das zugrundeliegende Architekturkonzept erklärt. Anschließend wird das Materialmetamodell des Material Hub in Kapitel 3 vorgestellt. Gegenstand von Kapitel 4 ist die Rechercheoberfläche. Es folgt eine Übersicht bestehender Materialdatenbanken und ähnlicher Ansätze in Kapitel 5. Kapitel 6 ist der prototypische Erprobung des Material Hub gewidmet und Kapitel 7 deren Evaluation. Abgeschlossen wird der Artikel von Zusammenfassung und Ausblick.

2. Material Hub – Überblick

Wie in *Abbildung 1* dargestellt, wird die bis dato zeitaufwändige Recherche, die auf mehrere Datenbestände zugreift, auf ein einziges Portal reduziert, das die Informationen dieser Datenbestände bündelt und aufbereitet. Der Nutzer muss sich nicht mit mehreren unterschiedlichen Bedienoberflächen auseinandersetzen, die von ihm, aufgrund variierender Such- und Filter-

möglichkeiten, ein ständiges Umdenken erfordern. Außerdem entfällt für den Nutzer die Notwendigkeit, die mühsam recherchierten Daten zu bündeln und vergleichbar zu machen. Die Zielgruppen des Portals lassen sich grob in Datennutzer und Datenanbieter unterteilen.

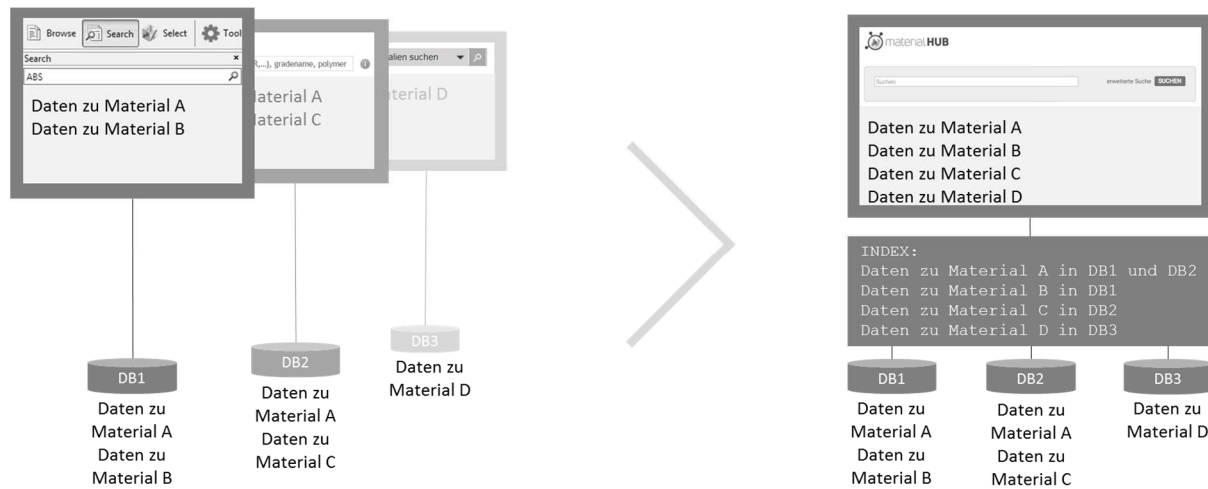


Abbildung 1: Föderation existierender Datenbestände (DB)

Während erstere das Portal zu Recherchezwecken nutzen, sind die Datenanbieter einerseits an einer Verbreitung ihrer Informationen interessiert, um Kontakte zu knüpfen und Geschäfte anzubahnen. Andererseits ergibt sich für sie auch ein Marktüberblick. Anonymisiert können die Suchanfragen für Bedarfsanalysen ausgewertet werden. Nutzer des Material Hub kommen aus den Bereichen Forschung, Industrie, Handwerk, Konstruktion und Kreativwirtschaft. Die Daten des Material Hub stammen vor allem von Herstellern und Forschern, aber auch von Zulieferern und Anbietern bereits existierender herstellerübergreifender Datenbanken.

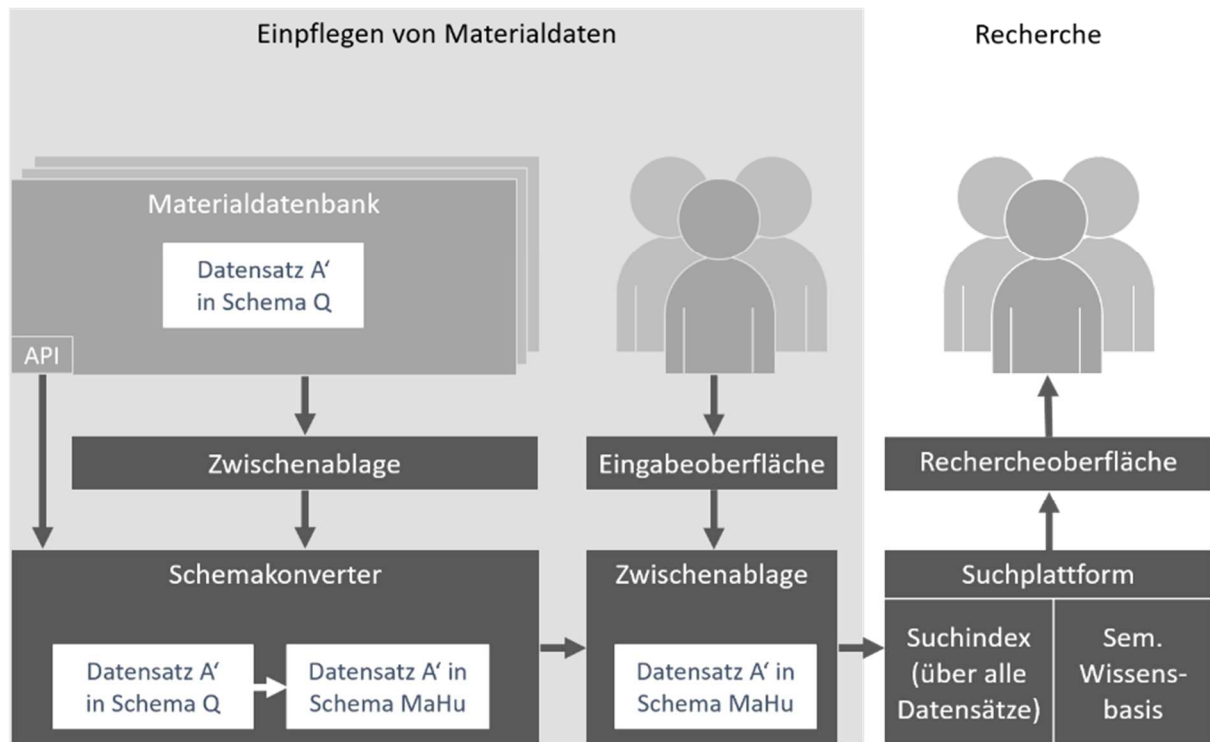


Abbildung 2: Vereinfachtes Architekturkonzept des Material Hub

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt das Architekturkonzept und die zentralen Arbeitsabläufe, Einpfelegen von Materialdaten und die Recherche.

Die Datenquellen werden grob in Hersteller-, Forschungs- und Anwenderdatenbanken unterschieden. Material Hub bietet zwei Wege zum Einpfelegen:

Semi-automatisch: Soll eine vorhandene Materialdatenbank hinzugefügt werden, kann der Prozess teilautomatisiert ablaufen. Unterschieden wird dabei die Art des Datenexports. Dieser kann automatisch über eine Programmierschnittstelle erfolgen oder über einen ebenfalls automatisierbaren Export auf einen Austauschserver, der von der SLUB bereitgestellt wird. Letzteres hat den Vorteil, dass die Infrastruktur des Datenbankbesitzers nicht zugänglich gemacht werden muss. Unabhängig von diesen Unterschieden liegen die Datensätze typischerweise im spezifischen Schema und Datenformat des jeweiligen Partners vor. Daher ist es notwendig, die Datensätze auf das im Material Hub verwendete Schema, siehe Abschnitt 3, anzupassen. Dies geschieht durch einen *Schemakonverter*. Dieser ermöglicht über eine grafische Oberfläche die Verknüpfung der Felder im Quellschema mit den passenden Feldern im Zielschema/Materialmetamodell, und erlaubt die Definition gegebenenfalls notwendiger Transformationen und Typumwandlungen der vorliegenden Daten. Dieser Abbildungsvorgang soll semi-automatisch erfolgen, wobei der Nutzer durch Ansätze des Schema- und Ontology-A-

alignments unterstützt wird. Nach Fertigstellung der Abbildungsvorschriften werden diese automatisiert auf alle einzufügenden Instanzdaten angewendet. Anschließend liegen die Materialbeschreibungen gemäß Materialmetamodell in der Zwischenablage vor. Es obliegt dann der Suchplattform, die Instanzdaten einzulesen und einen optimierten Suchindex zu erzeugen, sodass die Rechercheplattform darauf zugreifen kann. Die semi-automatische Spezifikation der Abbildungsvorschriften erfolgt initial und – ein festes Materialmetamodell unterstellend – einmalig, während die darauf aufsetzende Transformation der Instanzdaten beliebig oft automatisiert durchgeführt werden kann. Im Fall aktualisierter oder zusätzlicher Materialbeschreibungen auf Anbieterseite müssen nur die aktuellen Datenpakete bereitgestellt und erneut transformiert und indexiert werden, um aktualisiert in der Rechercheoberfläche zu erscheinen.

Manuell: Daneben soll Material Hub ein händisches Einspielen und Aktualisieren von Materialbeschreibungen mittels einer Eingabeoberfläche unterstützen. Diese bietet eine Benutzerschnittstelle, anhand derer Forscher, Hersteller und Zulieferer Datensätze gemäß dem Materialmetamodell von Material Hub erstellen und editieren können. Konzeptionell handelt es sich bei diesem Werkzeug um eine Art editierbare Detailseite mit Zugriff auf alle Attribute des Schemas, damit die letztliche Repräsentation des Materials bereits während des Hinzufügens besser abgeschätzt werden kann (WYSIWYG²-Prinzip). Da, anders als beim semi-automatischen Vorgehen, unmittelbar das zentrale Schema/Materialmetamodell genutzt wird, bedarf es keiner Spezifikation von Abbildungsvorschriften. Auch beim manuellen Einpflegen werden die Datensätze in der Zwischenablage aufbewahrt und von der Suchplattform indexiert. Aufgrund des vergleichsweise hohen Aufwands empfiehlt sich diese Methode nur Partnern, die wenige Datensätze einspielen oder nur punktuelle Modifikation durchführen möchten oder über keine eigene Datenbankinfrastruktur verfügen.

Die *Suchplattform* stellt einen wesentlichen Teil der Infrastruktur bereit und ist dafür zuständig, die Datensätze aus der Zwischenablage einzulesen, aufzubereiten, zu indexieren und schließlich über eine Schnittstelle anhand einer Anfragesprache durchsuchbar zu machen. Zu den essentiellen Fähigkeiten einer Suchplattform gehören Deduplizierung, Volltextsuche, strukturierte und facettierte Anfragen, Autovervollständigungen bzw. Vorschläge zu Suchanfragen, Relevanzsortierung von Ergebnissen und das Hervorheben von Treffern. Weiterhin sollten Mechanismen zur Sicherstellung von Leistungsfähigkeit, Skalierbarkeit und Ausfallsicherheit Teil des Funktionsumfangs sein. Zusätzlich zum klassischen Dokumentenindex sieht Material Hub eine semantische Wissensbasis vor, welche im nachfolgenden Abschnitt 3 detailliert wird.

² „What You See Is What You Get“ oder auch Echtbilddarstellung

Auf Basis der Suchplattform ermöglicht eine intuitiv benutzbare und zeitgemäß gestaltete Rechercheoberfläche das Recherchieren von Materialdaten, d. h. das Durchsuchen und Explorieren des Material Hub. Nutzern werden dedizierte Werkzeuge geboten, mit denen verschiedene Recherchestrategien unterstützt werden. Grundlegend werden durch Material Hub drei Recherchearten abgedeckt:

- 1) Die **Überblicksrecherche** ermöglicht es, sich ein umfassendes Bild von einer Materialklasse oder den Materialien eines bestimmten Herstellers zu machen, um beispielsweise die Eigenschaften innovativer Materialien besser vergleichen und beurteilen zu können.
- 2) Bei der **materialgetriebenen Recherche** werden zu einem schon bekannten Material spezifische Informationen gesucht, wie etwa Konformitätsbescheinigungen vom Hersteller.
- 3) Bei der **anwendungsgetriebenen Recherche** werden Werkstoffe gesucht, die bestimmte Anforderungen erfüllen, welche sich aus der angestrebten Anwendung ergeben.

Nachdem der Gesamtansatz überblicksartig vorgestellt wurde, behandeln die nachfolgenden Abschnitte die Konzeption des Materialmetamodells sowie der Rechercheoberfläche im Detail.

3. Materialmetamodell

Die im Material Hub repräsentierten Daten stammen aus einer Vielzahl von Domänen und Materialklassen. Daher sind sie sowohl in ihren Datenformaten als auch in ihrer Struktur stark heterogen. Um dieser Heterogenität zu begegnen, war es nötig eine Struktur zu entwerfen, die als Vereinigungsmenge alle subsummierten Datenstrukturen beschreiben kann. Dieses übergeordnete Schema ist in *Abbildung 3* in stark vereinfachter Form zu sehen. Ein *Material* ist mindestens einer *Firma* zugeordnet, die unter anderem Zulieferer, Hersteller oder Forschungseinrichtung sein kann. Für jede Firma kann eine *Person* mit ihren Kontaktdaten als Ansprechpartner angegeben werden. Jedes Material besitzt *Eigenschaften*, von denen einige obligatorisch und andere fakultativ sind. So besitzt jedes Material zwingend einen Namen, einen eindeutigen Identifier und eine Zuordnung zu einer (oder im Fall von Verbundwerkstoffen zu potentiell mehreren) Materialklassen. Dahingegen werden andere Eigenschaften nur dann angegeben, wenn diese für die jeweilige Materialklasse relevant sind und Daten dazu vorliegen. Einige Eigenschaften werden durch ein normiertes *Verfahren* ermittelt. Jede *Norm* kann verschiedene Varianten eines Verfahrens spezifizieren – beispielsweise durch Änderung der Umgebungstemperatur. Verfahren und Normen werden namentlich und mit ausgewählten Prozessparametern hinterlegt. Des Weiteren können im Bedarfsfall externe Ressourcen mit vertiefenden Informationen verknüpft werden. Bei den im Material Hub hinterlegten Daten handelt

es sich nicht um Sensor-Rohdaten, sondern um daraus abgeleitete, hochaggregierte Daten. Das umfasst quantitative Werte und Intervalle unter Angabe des Messverfahrens (z. B. "Härte: 74 Shore") ebenso wie qualitative Angaben (z. B. "absolut witterungsbeständig"). Umfangreiche Datenreihen zu spezifischen Eigenschaften werden nicht im Material Hub präsentiert, können aber verlinkt oder als Diagramme im Material Hub hinterlegt werden.

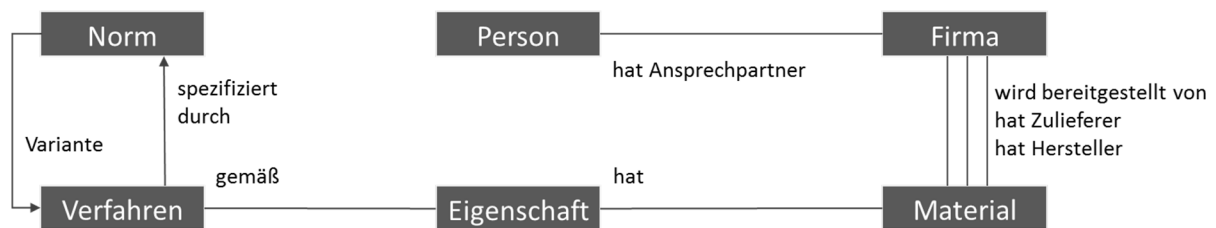


Abbildung 3: Stark vereinfachtes Klassendiagramm als Grundlage für das Materialmetamodell

Die im Material Hub präsentierten Materialien umfassen sowohl Werkstoffe, als auch Halbzeuge. Die Unterscheidung erfolgt aber nicht explizit, sondern implizit, sobald Eigenschaftsfelder wie Bauform belegt sind und so ersichtlich wird, dass der Kunststoff beispielsweise nicht als Granulat, sondern als Platte vorliegt.

Als wesentliche, klassenübergreifend bedeutsame Eigenschaften sieht das Schema Anwendungsgebiete und Einsatzbeispiele von Materialien vor. Diese erlauben ein anwendungsgetriebenes Recherchieren. Liegen in Zukunft zu ein und demselben Material Informationen aus verschiedenen Quellen vor, dann besteht die Möglichkeit diese in einem Datensatz zusammenzufassen oder sie in separaten Datensätzen zu halten und sie erst zwischen Datenhaltung und Frontend zu aggregieren. Der erstgenannte Ansatz macht es nötig das Schema dahingehend anzupassen, dass zu jeder Eigenschaft die Quelle hinterlegt sein muss. Neben dem Metamodell zur Beschreibung von Materialien verschiedenster Klassen soll die Modellebene des Material Hub mit dem semantischen Wissensgraphen eine weitere Informationsquelle beinhalten. Sie soll Expertenwissen aus dem Bereich der Materialwissenschaften modellieren. Dazu gehören generische Kenntnisse wie Zusammenhänge von Materialien (z. B. eine Mehrfachhierarchie von Materialklassen unter verschiedenen Aspekten) ebenso wie Begriffszusammenhänge (z. B. Synonyme, Akronyme, Kurzformen und Übersetzungen) und Wissen über Maßeinheiten, deren Umrechnung, sowie Zuordnung zu physikalischen Größen. Kenntnisse aus einzelnen Fachdisziplinen können in separate Teilmodelle ausgelagert und im Bedarfsfall einbezogen werden. So spielt oft spezifisches, aus dem typischen Prozessumfeld entspringendes Wissen eine Rolle, das ebenfalls als semantische Wissensbasis bestehend aus Wissensgraph und Regelwerk, hinterlegt werden kann. Als Beispiel sei hier die Konstruktion von

Maschinen für den Lebensmittelkontakt genannt. Durch die häufige Reinigung und Desinfektion müssen Lebensmittelkontaktmaterialien unter anderem besonders beständig gegen bestimmte chemische Stoffe sein und der Konstrukteur wird entsprechende explizite Freigaben bzw. Konformitätserklärungen suchen. Die semantische Wissensbasis soll dem Nutzer bei der Formulierung seiner Anfrage größtmögliche Freiheit gewähren. Denn die Anforderungen können auf ganz verschiedene Weise implizit oder explizit formuliert werden. So können bei einer Suche nach "Lebensmittelkontakt Natronlauge" durch die logische Verknüpfung zwischen Reinigungsmittel und Natronlauge in der semantischen Wissensbasis auch jene Materialien angezeigt werden, zu denen eine "Beständigkeit gegen Reinigungsmittel" hinterlegt ist und die sonst nur bei einer Suche mit den Suchbegriffen "Lebensmittelkontakt Reinigungsmittel" gefunden worden wären. Beide Datenmodelle sind eng verzahnt. Zunächst wird zur Auszeichnung einiger Eigenschaften auf das semantische Vokabular zurückgegriffen werden, z. B. zur Klassifizierung von Materialien. Weiterhin ist es unter Umständen möglich, auf Basis des semantischen Wissensgraphen die Lücke zwischen Materialbeschreibungen und der Anfrage des Nutzers durch Schlussfolgerungen in Einklang zu bringen.

4. Rechercheoberfläche

Die Rechercheoberfläche erlaubt es Nutzern des Material Hub gemäß den oben genannten Anwendungsfällen nach Materialbeschreibungen zu suchen und sich weiterführend zu informieren, z. B. durch Navigation zu verwandten Materialien, zu verknüpften Normenspezifikationen und zu Firmenprofilen. Weiterhin stellt die unkomplizierte, kontextualisierte Kontaktaufnahme mit Zulieferern und Herstellern relevanter Materialien einen zentralen Aspekt dar.

Zur Recherche nach Materialien und Firmen stehen Nutzern verschiedene Einstiegspunkte und Paradigmen zur Verfügung. Die Oberfläche unterstützt mehrere Suchmasken, um zielgruppenspezifischen Anwendungsfällen durch geeignete UI-Konzepte gerecht zu werden. Klassische stichwortbasierte Suchen werden mittels gängiger Assistenzmechanismen wie Vorschlägen zu Suchanfragen unterstützt und führen schnell zu Ergebnissen. Dennoch erfordern sie ein hohes Maß an Kenntnis über zielführende Stichworte vom Nutzer. Daneben besteht die Option mit der erweiterten Suche formularbasiert strukturierte Anfragen mit genauen Anforderungen an Materialattribute zu definieren. Neben quantitativen Anforderungen in Form von Intervallen und konkreten Werten, ist vorgesehen unscharfes Suchen zu ermöglichen (z. B. „Kunststoff hart ...“). Die angebotenen Attribute entsprechen zunächst einer Standardmenge, können jedoch je nach relevanten Materialklassen oder Anwendungsgebieten der Recherche adaptiert werden. Auch die Konfiguration in Abhängigkeit von Vorlieben und Expertise des Nutzers sind angedacht. Perspektivisch sollen domänen- bzw. materialklassenspezifische

geführte Suchansätze wie z. B. einen mehrstufigen Assistenten und das Explorieren und Filtern von Materialien anhand von Diagrammen, untersucht und einbezogen werden.

Die Rechercheoberfläche bietet auf einem personalisierten Dashboard zahlreiche Schnelleinstiegspunkte in die Recherche und Exploration. Von hier aus besteht Zugang zu den genannten Suchmasken. Außerdem macht ein individueller Rechercheverlauf frühere Recherchen zugänglich und ermöglicht es, sie fortzusetzen. Hierzu zählen die Darstellungen der jüngsten Suchanfragen ebenso wie Lesezeichen und die Anzeige und Verknüpfung relevanter Materialbeschreibungen, sortiert nach Häufigkeit und Zeitpunkt der letzten Betrachtung. Zusätzlich tauchen Auflistungen von anderen, potentiell interessanten Materialien auf. Deren Auswahl erfolgt basierend auf Materialklassen und Anwendungsfällen und auf personalisierten Empfehlungen, welche anhand kollaborativen Filterns aus dem eigenen Rechercheverlauf und aus denen Verläufen von Nutzern abgeleitet werden, die ein Ähnliches Rechercheverhalten aufweisen. Als Anreiz für die Datenlieferanten und zugleich als firmenorientierter Einstieg in die Recherche werden die neusten Partner des Material Hub im Dashboard angezeigt. Zusätzlich soll eine Visualisierung des Domänenvokabulars erfolgen, z. B. durch die Erklärung von Fachbegriffen, die Verlinkung von Normbeschreibungen über das Informationssystem der SLUB sowie über die Darstellung der zugrundeliegenden Taxonomie von Materialklassen.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt entsprechend etablierter Methoden im Facettenbrowser in listen- oder kachelartiger Weise. Dieser bietet Möglichkeiten zur weiteren Filterung von Ergebnissen anhand von Facetten, die dynamisch aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, wird pro Ergebnis aufgezeigt, weshalb dies vom Suchsystem als relevant eingestuft wurde, z. B. indem bei Treffern zu Stichworten im Materialnamen das Stichwort hervorgehoben wird oder die Werte der gesuchten Eigenschaften als Vorschau angezeigt werden und indem für jedes gefundene Material der Erfüllungsgrad der Suchanfrage angezeigt wird.

Detailseiten zu Materialien beschreiben diese anhand der Attribute gemäß dem Materialmetamodell. Neben Basisinformationen wie dem Namen, einer Beschreibung, Bildern und der Materialklasse, werden wesentliche Eigenschaften visualisiert und zur besseren Übersicht in Kategorien unterteilt, z. B. in physikalische, chemische und ökologische Eigenschaften. Weiterhin erfolgt eine Kennzeichnung der Herkunft von Daten, was insbesondere von Bedeutung ist, falls ein aggregierter Datensatz vorliegt und verschiedene Anbieter eines Materials unterschiedlich umfangreiche Informationen bereitstellen. Somit sind Fragen der Nachvollziehbarkeit leichter zu beantworten und passende Ansprechpartner für den Bezug der Materialien schneller gefunden. Jede Detailseite zeigt Informationen zu Firmen, die als Anbieter oder Hersteller auftreten, und verknüpft die entsprechenden Profile. Da der gezielte Kontakt zu den

Materialanbietern ein wichtiger Bestandteil des Material Hub ist, besteht darüber hinaus die Option zur Kontaktaufnahme anhand eines automatisch aus den Suchkriterien generierten E-Mail-Grundgerüsts. Dies hat den Vorteil, dass die Firma gezielter auf Anfragen eingehen bzw. sich auf einen persönlichen Kontakt mit dem potentiellen Kunden besser vorbereiten kann.

Zur Exploration des Material Hub kommt eine Vielzahl bewährter, sich ergänzende Konzepte zum Einsatz. Zunächst kann der Materialbestand mittels des Facettenbrowsers exploriert werden. Zudem sind dazu Materialbeschreibungen untereinander und mit Firmenprofilen verknüpft. So werden auf Detailseiten bspw. ähnliche Materialien aufgelistet und Firmen präsentiert. Fachbegriffe werden erklärt und Taxonomien, z. B. die zugrundeliegenden Materialklassifikationen und Anwendungsgebiete, können untersucht werden, um das Vokabular des Material Hub besser zu verstehen. Weiterhin werden externe Ressourcen verknüpft, z. B. Webseiten von Herstellern, Datenblätter, Spezifikationen von Prüfnormen sowie Beschreibungen von Testprozeduren und die Rohdaten ganzer Messreihen. Zusätzlich existiert eine Vergleichsansicht zur tabellarischen Gegenüberstellung von Materialien. Zur Unterstützung längerfristiger Recherchen bietet Material Hub das Anlegen von Lesezeichen sowie das bereits erwähnte Abspeichern und Fortführen von Suchverläufen.

Zur Bereitstellung des personalisierten Dashboards und Empfehlungen benötigt Material Hub die Erstellung einer Nutzerhistorie. Aus solchen können perspektivisch Trends abgeleitet werden, die für Materialhersteller und Zulieferer marktwirtschaftliche Bedeutung besitzen können.

5. Verwandte Arbeiten

Den Schwerpunkt dieses Kapitels bildet die überblicksartige Analyse unmittelbar verwandter Ansätze mit Fokus auf Konzepte der Modell- und UI-Ebene.

5.1. Material-Datenbanken und deren UI

Materialdatenbanken inklusive grafischer Rechercheoberflächen sind keine Neuheit. Vielmehr existiert bereits eine Vielzahl von Ansätzen, die Materialdaten aus der Sicht von Forschern, Herstellern oder Anwendern speichern und darbieten. Diese sind zuweilen jedoch domänen- bzw. materialklassenspezifisch, wie bspw. CAMPUS plastics^[7], kostenpflichtig, wie z. B. CES EduPack^[20], oder bieten Bedienoberflächen, die nur für eine spezifische Zielgruppe optimiert sind, wie z. B. NREL MatDB^[13]. Die resultierenden Benutzerschnittstellen umfassen in der Regel klassische Suchfunktionalitäten, wobei stichwortbasierte, erweiterte und facettierte Suche am gängigsten sind, bspw. MATREC^[3], MatWeb^[9], Raumprobe^[5], rematerialise^[10], materia^[8], CAMPUS plastics^[7], Springer Materials^[6], Materialarchiv^[15], Kern^[16], Material Data Center^[4], Material Connexion^[14], Matmatch^[18], StahlDat^[19]. Weniger verbreitet zeigen sich

taxonomiebasierte Ansätze, z. B. MatWeb^[9] Material Category Search. Stärker geführte Konzepte sind selten vorhanden, z. B. werden Nutzer bei Quadrant^[17] durch einen schrittweisen Prozess begleitet. Domänenspezifische Einstiegspunkte bieten, bspw. Springer Materials^[6], das es erlaubt zum Zweck der Suche molekulare Strukturen zu skizzieren, und CAMPUS plastics^[7] sowie Granta CES Selector^[20] die die Suche anhand von konfigurierbaren Diagrammen unterstützen. Viele Vertreter warten mit der Möglichkeit zum Vergleich von Materialien auf. Dies erfolgt zumeist tabellarisch, so z. B. bei MATREC^[3], MatWeb^[9], Material Data Center^[4], Prospector^[11], MatDat^[12], Matmatch^[18], StahlDat^[12]; und teilweise in Form von Diagrammen durch Überlagerung von Kurven, etwa. bei StahlDat^[12]. Ergebnisse werden zumeist listen- oder kachelartig, teilweise aber auch in Form von Diagrammen (z. B. Materialarchiv^[15], granta CES Selector^[20]) präsentiert. Separate Detailseiten mit Auflistung von Materialeigenschaften sind de facto Standard. Die Möglichkeit Lesezeichen zu hinterlegen bieten hingegen nur wenige Plattformen – dazu zählen MatDat^[12], MatWeb^[9] und Material Connexion^[14].

Kostenpflichtige Produkte wie StahlDat SX Professional^[19] und granta CES Selector^[20] bieten einen hohen Funktionsumfang, z. B. diagrammbasierten Materialvergleich und Ähnlichkeitssuche. Im Bereich frei zugänglicher Plattformen mangelt es jedoch an Unterstützung komplexerer Recherchen. Es fehlt unter anderem an explorativen Elementen wie Empfehlungen, Suchverläufen, Vokabularhilfen und geeigneten Möglichkeiten zum Browsing und gleichzeitigem Vergleich einer Vielzahl von Materialien. Lediglich CAMPUS plastics'^[7] Tag cloud, MatWebs^[9] Indizes, die Graphdarstellung und extrinsische Kategorieerklärung im Materialarchiv^[15] und Matmatch^[18] mit Anzeige von ähnlichen Materialien und tabellarischem Materialvergleich zeigen dahingehend singuläre Ansätze. Darüber hinaus wird Nutzern kaum kommuniziert, weshalb Materialien als Teffer in der Ergebnisliste auftauchen. Lediglich bei Springer Materials^[6] wird explizit ein Übereinstimmungsgrad mit der Anfrage dargestellt. Die kontextsensitive Anpassung des UI beschränkt sich meist auf Triviales, wie Sortierungsreihenfolge oder Ergebnisdarstellung. Anders als im Material Hub spielt die Kontaktaufnahme zu Herstellern oder Zulieferern – bis auf MatMatch^[18] – eine untergeordnete Rolle. Bei vielen der untersuchten Materialdatenbank-UIs besteht zum aktuellen Zeitpunkt hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit noch erheblicher Optimierungsbedarf.

Material Hub grenzt sich von den untersuchten Ansätzen dahingehend ab, dass es eine freie datenbestands-, domänen- und materialklassenübergreifende Rechercheplattform mit einer einheitlichen Benutzerschnittstelle bietet, die nach User-Centered-Design-Ansätzen (UCD) entwickelt wird und somit eine bedarfsgerechte und intuitive Recherche ermöglicht.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass zahlreiche Ansätze vorhanden und im praktischen Einsatz befindlich sind. Diese zeigen zum Teil schon vielversprechende Ansätze für einzelne Anforderungen (wie bspw. Facetten-Browsing).

5.2. Andere Ansätze

Interessante Lösungen finden sich auch in anderen Bereichen, wie dem elektronischen Handel und bei allgemeinen Suchmaschinen wie Google und Bing. Letztere liefern jedoch auf Grund der großen, nicht spezialisierten Datenbasis weniger passende Treffer. Sie bereiten diese auch nicht so strukturiert auf, dass sie schon innerhalb der Trefferliste unterscheidbar sind. Deshalb sind langwierigere Navigation und ein Wechsel zwischen Suchportal und externen Ergebnisseiten nötig, wenn Materialien miteinander verglichen werden sollen.

Die JRC Research Data Infrastructure ^[1] verfolgt das Ziel, einen offenen Zugang zu Forschungsdaten aus verschiedensten Disziplinen zu gewähren. Angesichts einer grundsätzlich ähnlichen Zielstellung zeigen sich vergleichbare konzeptionelle Ansätze und Herausforderungen, z. B. Forschern genügend Anreize für das Einpflegen ihre Daten zu bieten. Ein Meta-Modell dient zur strukturierten Beschreibung von Forschungsdaten und erlaubt deren systematisches Auffinden in einem Katalog. Es unterstützt zudem als Anreiz die Zitierbarkeit von Forschungsdaten. Weiterhin können Datensätze mit zugehörigen Ressourcen, wie Autoren und wissenschaftlichen Publikationen, verknüpft werden. Um den Anforderungen der verschiedenen Forschungsdisziplinen gerecht zu werden, existiert ein Kernmodell und eine Menge von domänenspezifischen Erweiterungen, wobei jeweils auf (De-facto-)Standards und Referenzmodelle aufgesetzt wird. In Analogie dazu gibt es im Material Hub das Konstrukt Material mit Eigenschaften, die materialklassenspezifisch erweitert werden können. Zentraler Zugriffspunkt für die Nutzer ist ein Katalog mit gängiger, allerdings gegenüber dem Material Hub geringerer Suchmächtigkeit. Er stützt sich auf ein Katalog-Back-End, das vergleichbar mit dem des Material Hub ist. Das Einspielen von Datensätzen erfolgt entweder automatisch über einen ETL-Prozess aus den lokalen Repositorien der jeweiligen Einrichtung oder manuell über einen Metadaten-Editor. Weiterhin stellt die Infrastruktur ein Repository zur Verfügung, das Einrichtungen ohne eigene Infrastruktur nutzen können, um Datensätze hochzuladen. Wie im Prototyp des Material Hub finden quelloffene Technologien Anwendung. Insgesamt zeigt die zum Einsatz kommende Architektur eine Reihe konzeptioneller Analogien zum Material Hub.

6. Prototypische Erprobung wesentlicher Konzepte

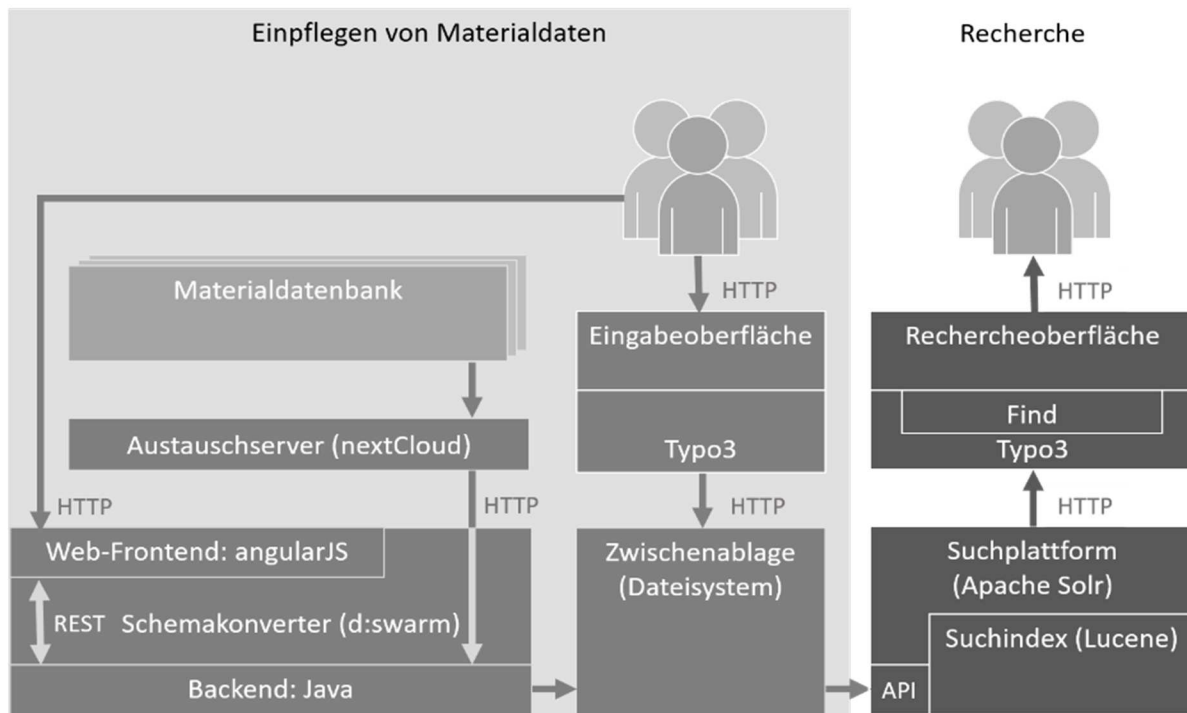


Abbildung 4: Architekturkonzept Material Hub

Material Hub wird prototypgetrieben und agil entwickelt. Nach initialer Anforderungserhebung durch Befragungen, Analyse existierender Ansätze und Erstellen von Personas sowie wichtigen Anwendungsfällen wurde ein erstes Konzept sowie ein zugehöriger Prototyp entwickelt und sowohl SLUB-intern als auch mit Hilfe von externen Partnern evaluiert. Gemäß dem iterativen Grundansatz bildet das erhaltene Feedback den Ausgangspunkt für den nächsten Entwicklungszyklus. In diesem Abschnitt wird der zum oben vorgestellten Konzeptionsstand passende Prototyp vorgestellt. Er basiert vollständig auf quelloffenen, kostenfreien Technologien und Frameworks und umfasst Daten ausgewählter Polymere, Keramiken, Metalle und Verbundmaterialien, die Partner aus Forschung und Industrie zur Verfügung gestellt haben. Dieses Kapitel behandelt die prototypische Umsetzung des in Abschnitt 6 vorgestellten Architekturkonzepts und der vorgeschlagenen Abläufe des Material Hub, sowie die dabei zum Einsatz kommenden Technologien. Dazu illustriert **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** den aktuellen Implementierungsstand, wobei die Architekturkomponenten im Bereich Recherche bereits mit initialem Funktionsumfang vorhanden sind. Module im grau hinterlegten Bereich enthalten schon die angedachte technologische Ausgestaltung sind aber noch nicht gänzlich vorhandenen oder integriert. Demnach konzentriert sich die aktuelle Entwicklung auf

die Aspekte des Recherchierens von Materialdaten, während der Arbeitsablauf zum Einpflegen – sowohl semi-automatisch via Schemakonverter als auch durch manuelle Eingabe – Gegenstand zukünftiger Implementierungen ist.

6.1. Schema und Instanzdaten

Für die Indexierung und Suche wird Apache Lucene mit Apache-Solr-Servlet verwendet. Lucene ist eine freie Programmbibliothek zur Volltextsuche, von deren Leistungsfähigkeit und Skalierbarkeit auch Dienste wie Wikipedia und Twitter profitieren. Solr ^[2] ist ein Suchserver, der auf Lucene aufsetzt. Solr verlangt nicht zwingend ein Schema, aber zur besseren Strukturierung der Materialdaten, wurde dennoch ein Solr-Schema im XML-Format angelegt. Im Schema werden alle Felder definiert, die zur Beschreibung der Materialien benötigt werden. Momentan umfasst das Schema 105 verschiedene Felder, die jedoch nicht für jedes Material vollständig belegt sein müssen. Einige Felder sind materialspezifisch und werden entsprechend nur für eine gewisse Anzahl an Materialien befüllt. Bspw. besitzen Materialien aus der Kategorie aktorische Formgedächtnislegierung zusätzlich zur Einsatztemperatur auch eine Schalttemperatur, die die Schwelle zur Aktivierung und damit zur Formveränderung angibt. Andere Felder, etwa das für die Dichte, sind bei fast allen indexierten Materialien vorhanden. Wieder andere, wie die Felder für Namen und Identifier, müssen bei jedem Datensatz (Eintrag für ein Material im Index) belegt sein, damit er verarbeitet werden kann. Es gibt Felder, die weiter untergliedert werden, z. B. gibt es zu den meisten Eigenschaften die Möglichkeit eine Einheit anzugeben und die Norm zu definieren, nach der diese Eigenschaft ermittelt wurde.

Abbildung 5 illustriert den Auszug aus einem Datensatz, in einer von Solr verarbeitbaren Form. Zu sehen sind zunächst die Pflichtfelder "id" und "name" (Zeile 4 und 7). Der Herstellername wird im Datensatz im Feld "producer_name" (Zeile 6) genannt und gleichzeitig kann über die "producer_id" (Zeile 5) auf weiteren Daten zum Hersteller in der Herstellerdatenbank zugegriffen werden. Dort sind beispielsweise Kontaktdaten des jeweiligen Ansprechpartners verzeichnet. Zusätzlich zu der hier vorhandenen "dataSheetUrl", die auf eine PDF oder die Materialseite auf der Herstellerwebsite verweisen kann, ist es zusätzlich möglich die URL zu einem Bild anzugeben, welches im Material Hub angezeigt werden soll. Im Feld "category" (Zeile 9) wird das jeweilige Material unterteilt nach der zugrundeliegenden werkstoffwissenschaftlichen Systematik. Es gibt zudem die Möglichkeit für jede neue Version ein Aktualisierungsdatum (Zeile 13) sowie einen Versionszähler (Zeile 12) anzugeben, um bei den Treffern jeweils nur die aktuellsten Daten zum jeweiligen Material zu berücksichtigen. In den Zeilen 14-17 des Datensatzausschnitts ist ein untergliedertes Feld zu sehen. Zur eigentlichen Dichte "density_value" wird zusätzlich die Prüfnorm "density_norm", die Umgebungstemperatur während des Prüfverfahrens "density_temperature" und die Einheit "density_unit" angegeben.


```

4 <field name="id">1555607a-a3bd-4d47-8cd9-68ba46f3281f</field>
5 <field name="producer_id">freudenberg</field>
6 <field name="producer_name">Freudenberg Sealing Technologies</field>
7 <field name="name">70 EPDM 291</field>
8 <field name="dataSheetUrl">https://www.fst.de/-/media/files/materialdatasheet/70%20epdm%20291-de.ashx</field>
9 <field name="category">Elastomere</field>
10 <field name="color">black</field>
11 <field name="crossLinking">peroxidic</field>
12 <field name="revisionIndex">36</field>
13 <field name="revisionDate">2017-01-07T00:00:00Z</field>
14 <field name="density_norm">DIN EN 1183-1</field>
15 <field name="density_temperature">23</field>
16 <field name="density_unit">g/cm3</field>
17 <field name="density_value">1.08</field>

```

Abbildung 5: Auszug aus einem Datensatz

Eine weitere Aufgabe des Solr-Schemas ist es, für jedes Feld den Datentyp und die Art der Indexierung und Verarbeitung sowie die Kardinalität anzuzeigen und ob es sich dabei um ein Pflichtfeld handelt. Es kann zudem ein Feld, hier „id“, als Identifier bestimmt werden.

6.2. Austauschserver, Schemakonverter und Suchplattform

Als Austauschserver für neu hinzuzufügende und zu aktualisierende Datensätze der Firmen dient im Prototyp künftig ein Cloudspeicher auf Grundlage von nextCloud, gehostet von der SLUB, so dass Datenschutz gewährleistet ist.



Da der Schemakonverter konzeptionell eine zentrale Rolle bei der semi-automatischen Einbindung und Pflege des Datenbestandes des Material Hub einnimmt, findet eine umfassende Evaluation potentieller Werkzeuge statt. Diese werden dabei unter anderem hinsichtlich folgender Kriterien evaluiert: Vorhandensein einer grafischen Benutzeroberfläche (für manuelles Einpflegen/Anpassen von Abbildungsvorschriften), Automatisierbarkeit (Dateneinbindung, Durchführung von Abbildungsvorschriften), Umfang der unterstützten Im- und Exportformate, Mächtigkeit der Abbildungsvorschriften (Funktionsumfang, Wiederverwendbarkeit), Zukunftsprognose (Support und aktive Entwicklergemeinschaft), Kostenfreiheit und Open-Source. Als potentiell geeignete Mapping-Werkzeuge wurden D:SWARM ^[22], open refine ^[23], karma ^[24], talend ^[25] und KNIME identifiziert. Die Evaluation ist gegenwärtig noch nicht abgeschlossen.

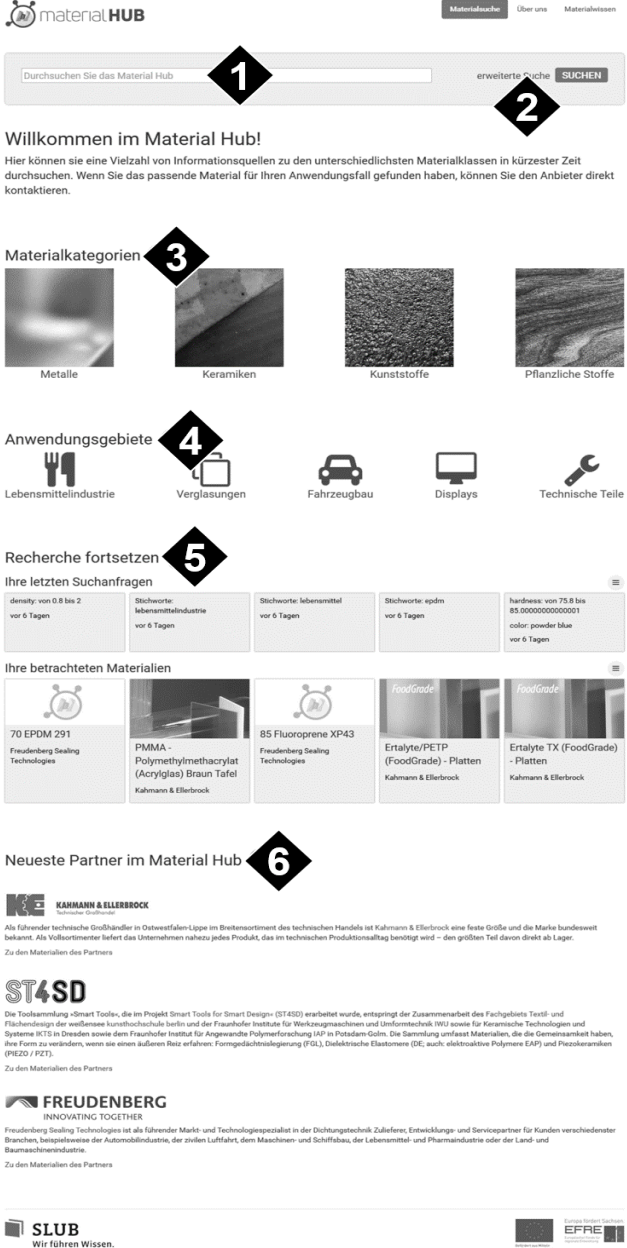
Als Suchplattform dient im Prototyp des Material Hub die etablierte Open-Source-Lösung Apache Solr. Solr verarbeitet die konvertierten Datensätze gemäß Materialmetamodell aus der Zwischenablage (im Prototyp ein simples Dateisystem). Basierend auf Apache Lucene, das zur effizienten Indexierung von Dokumenten (d. h. Materialbeschreibungen) dient, bietet Solr fundamentale Funktionalitäten, wie die hochoptimierte Auswertung von Suchanfragen, Volltextsuche und facettierte Suche, Hervorhebung von Treffern und Mechanismen zur Sicherstellung von Performanz und Skalierbarkeit. Um den Suchprozess noch effizienter und intuitiver zu gestalten, wurde die semantische Wissensbasis konzipiert. Da diese zum aktuellen Zeit-

punkt noch nicht Teil der Suchplattform ist, wird zukünftig eine Erweiterung der Basisfunktionalitäten von Solr um semantische Technologien zur Modellierung und Auswertung von inhaltlichen Zusammenhängen und Wissen der Materialkunde angestrebt. Damit wird es beispielsweise möglich, die Eingaben des Nutzers besser zu interpretieren und domänenspezifische Sprachbarrieren zu durchbrechen.

6.3. Rechercheoberfläche

Die prototypische Implementierung der Rechercheoberfläche basiert, wie auch schon der SLUB-Katalog ^[21], auf Typo3 und den Erweiterungen find und fluid. Ersteres wird für die Anbindung an Apache Solr genutzt und stellt einen Basissatz an User-Interface-Bestandteilen zur Verfügung. Die Template-Engine fluid erlaubt es Platzhalter in einer Vorlagendatei, die Teile von Webseiten beschreiben, mit aktuellen nutzer- und anfragespezifischen Inhalten zu ersetzen bzw. zu befüllen. Zusätzlicher JavaScript-Quellcode und CSS-Anweisungen sorgen für Dynamik der Benutzeroberfläche und das Nachladen von Informationen. Von den konzipierten Funktionalitäten umfasst der implementierte Prototyp im aktuellen Stand den Startbildschirm, den Facettenbrowser und die Detailseiten.





Als zentraler Einstiegspunkt in die Recherche bietet der Startbildschirm, vgl. *Abbildung 6*, verschiedene Zugänge zu Materialien. Hierzu zählt das Textfeld zur Stichwortsuche  sowie die optionale Möglichkeit, erweiterte Suchkriterien zu spezifizieren . Darüber hinaus wird eine Aus-

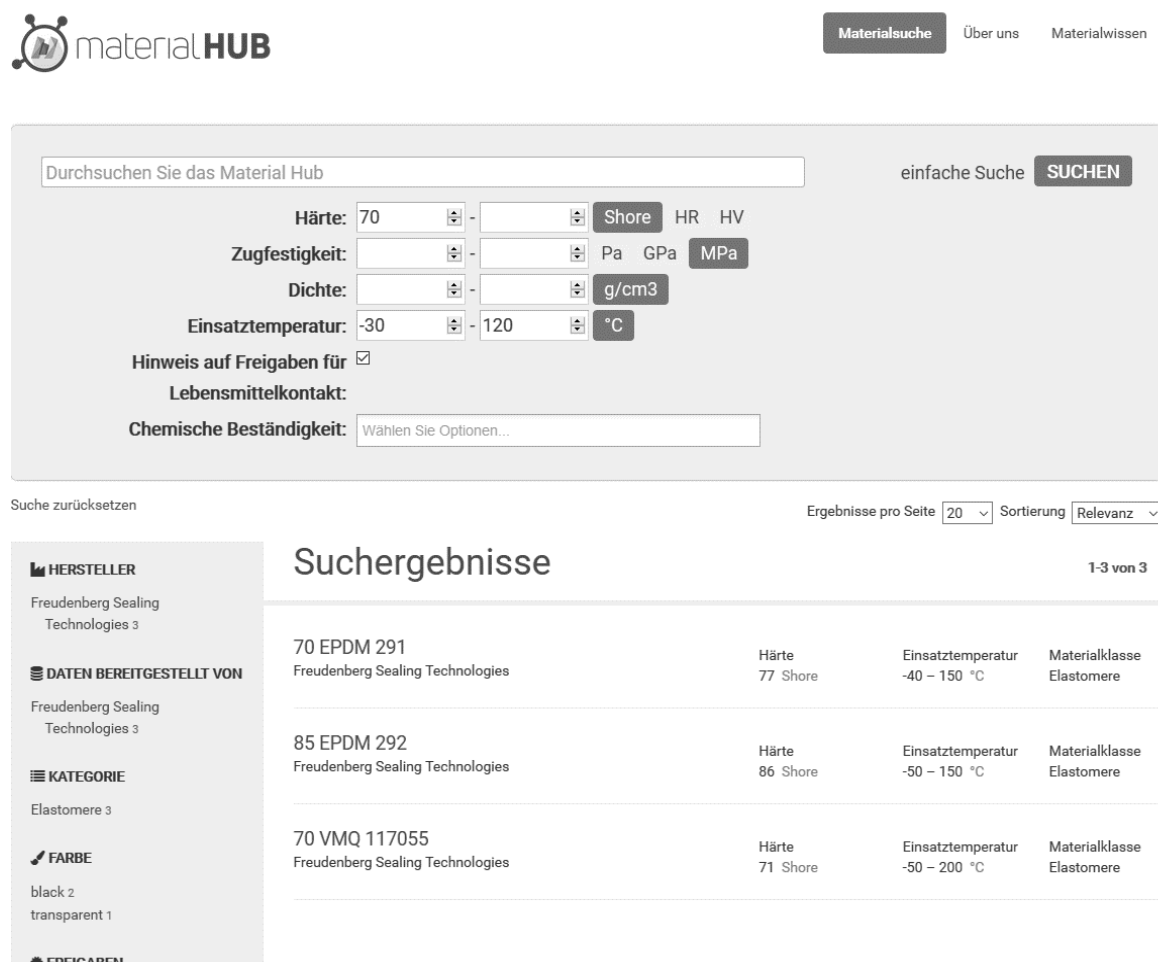


The screenshot shows the Material Hub interface with the following elements:

- 1**: Search bar with the text "Durchsuchen Sie das Material Hub" and a "SUCHEN" button.
- 2**: "erweiterte Suche" (advanced search) link.
- 3**: "Materialkategorien" (Material categories) section with four categories: Metalle, Keramiken, Kunststoffe, and Pflanzliche Stoffe.
- 4**: "Anwendungsgebiete" (Application areas) section with five categories: Lebensmittelindustrie, Verglasungen, Fahrzeugbau, Displays, and Technische Teile.
- 5**: "Recherche fortsetzen" (Continue search) section showing "Ihre letzten Suchanfragen" (Your last search queries) and "Ihre betrachteten Materialien" (Materials you viewed).
- 6**: "Neueste Partner im Material Hub" (Newest partners in Material Hub) section featuring logos for KAHMANN & ELLERBROCK, ST4SD, and FREUDENBERG.

Abbildung 6: Startbildschirm des Prototyps

wahl an Materialkategorien  angeboten, die perspektivisch durch einen navigierbaren Werkstoffbaum ersetzt werden soll. Darüber hinaus finden sich dort Anwendungsgebiete  als Schnelleinstieg. Jeder dieser Zugänge führt den Nutzer zum Facettenbrowser, der je nach Auswahl entsprechend vorkonfiguriert ist und bereits passende Ergebnisse listet. Der Startbildschirm erlaubt dem Nutzer zudem Zugriff auf seinen individuellen Rechercheverlauf. Dazu werden Nutzeraktivitäten, wie eingegebene Suchanfragen, betrachtete Materialbeschreibungen und angelegte Lesezeichen, aufgezeichnet und zu einem Profil verdichtet. Eine relevante Teilmenge der jeweiligen Einträge wird schließlich separat visualisiert . Einen Firmen-orientierten Recherchebeginn bietet eine Auflistung neuester Partner . Von hier aus können neben den Webseiten auch die Materialbeschreibungen der Partner via Facettenbrowser aufgerufen werden.



materialHUB Materialsuche Über uns Materialwissen

Durchsuchen Sie das Material Hub einfache Suche **SUCHEN**

Härte: 70 - Shore HR HV

Zugfestigkeit: - Pa GPa MPa

Dichte: - g/cm3

Einsatztemperatur: -30 - 120 °C

Hinweis auf Freigaben für ☒

Lebensmittelkontakt:

Chemische Beständigkeit: Wählen Sie Optionen...

Suche zurücksetzen Ergebnisse pro Seite 20 Sortierung Relevanz

Suchergebnisse

1-3 von 3

HERSTELLER	DATEN BEREITGESTELLT VON	KATEGORIE	FARBE	FREIGABEN
Freudenberg Sealing Technologies 3	Freudenberg Sealing Technologies 3	Elastomere 3	black 2 transparent 1	

Material	Härte	Einsatztemperatur	Materialklasse
70 EPDM 291 Freudenberg Sealing Technologies	77 Shore	-40 – 150 °C	Elastomere
85 EPDM 292 Freudenberg Sealing Technologies	86 Shore	-50 – 150 °C	Elastomere
70 VMQ 117055 Freudenberg Sealing Technologies	71 Shore	-50 – 200 °C	Elastomere

Abbildung 7: Erweiterte Suche und Facettenbrowser

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. veranschaulicht die facettierte, auf gängigen Konzepten beruhende Suche mit listenbasierter Ergebnisdarstellung. Pro Treffer werden Name, zugehörige Firmen und wichtige Kennwerte als Vorschau angezeigt. Welche

das sind, hängt aktuell von vom Nutzer spezifizierten erweiterten Suchkriterien ab, sodass neben einem schnellen Vergleich auch die Relevanz und Anforderungserfüllung eines Materials ersichtlich ist.

Im aktuellen Prototyp präsentieren Detailseiten sämtliche Materialeigenschaften sowie Informationen zu den Herstellern, den Zulieferern und den Firmen, welche Daten bereitgestellt haben. Zudem werden Nutzer auf ähnliche Materialien hingewiesen.

7. Vorläufige Evaluation

Die Umsetzbarkeit des in *Abbildung 5* dunkel dargestellten Teils des architektonischen Konzepts konnte anhand des Prototyps gezeigt werden. Dabei wurde zudem die Tauglichkeit des aktuellen Schemas zur Integration der Datensätze bisher involvierter Partner nachgewiesen. In Kooperation mit der Professur für Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik der TU Dresden und der Vorstandsinitiative Gemeinschaftsforschung - Konstruktionsmaterialien für den Lebensmittelkontakt des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) wurde am 16.11.2017 zum zweiten Mal ein Workshop ausgerichtet, der Lebensmittelkontaktmaterialien im Material Hub gewidmet war. Dabei wurde der derzeitige Stand des Prototyps vorgestellt und im Rahmen einer Dual-Moderator-Focus-Group evaluiert. Um die dabei formulierten Anforderungen in den Entwicklungsprozess einfließen zu lassen, wurden sie hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit analysiert und kategorisiert, um daraus kurz-, mittel- und langfristige Entwicklungsziele abzuleiten. Eine Reihe hochpriorisierter Anforderungen ist bereits in die in diesem Artikel vorgestellte Konzeption und die prototypische Umsetzung eingeflossen. Die im Rahmen des 2. VDMA-Workshops prototypisch vorgestellten Maßnahmen wurden von Vertretern der Zulieferer und Nutzer als geeignet erachtet, den Interessenausgleich der Stakeholder zu gewährleisten. Im Material Hub sehen Hersteller die Möglichkeit Ihre Materialien zu bewerben und einen größeren Kundenkreis zu adressieren. Aus ihrer Sicht ist der Vergleich eigener mit Konkurrenzprodukten oft das größte Hemmnis. Bisher hat sich jedoch stets die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Vergleichbarkeit ein unabdingbarer Bestandteil der voranschreitenden Digitalisierung ist und dass es besser ist, potentielle Kunden von den eigenen Materialien zu überzeugen, als das Feld ganz der Konkurrenz zu überlassen. Besonders von Wissenschaftlern werden auch Bedenken hinsichtlich des Zeitaufwands für die Einbindung der eigenen Daten geäußert. Diesen Bedenken begegnen wir einerseits damit, dass der Prozess semi-automatisch erfolgen und durch eine intuitive Führung so stark wie möglich erleichtert werden soll. Andererseits sind auch hier Anreize gegeben, die in Form von gesteigerter Sichtbarkeit bei Fördermittelgebern, potentiellen Industriepartnern und in der Forschungsgemeinschaft, den

Aufwand lohnenswert machen. Natürlich ist mit dem Portal auch eine Art Informationsarchivierung gegeben, die die Langzeitverfügbarkeit von Forschungsergebnissen gewährleistet. Und nicht zuletzt kann das Portal für eigene Recherchen genutzt werden.

Der vorgestellte Ansatz für die Einspeisung von Daten ist bisher konzeptionell durchdacht und soll es jenen Nutzern erlauben den Import durchzuführen, die die Ursprungsschemata entworfen haben oder die Ursprungsdatenbank verwalten. Diese Nutzergruppe benötigt Domänenwissen und die Fähigkeit dieses Wissen formal zu beschreiben. Ob es Werkzeuge gibt, die den in diesem Artikel vorgestellten Anforderungen gerecht werden und die geeignet sind, diesen Nutzerkreis zum erfolgreichen Import zu befähigen, wird eine prototypische Umsetzung und deren Evaluation zeigen. Der entwickelte zentralisierte Ansatz erfordert es, für jedes Quellmodell eine Abbildungsvorschrift in das Materialmetamodell zu entwerfen. Das ist allerdings nur ein einmaliger Aufwand, der durch automatische Unterstützung reduziert werden kann und anschließend ein automatisiertes Einpflegen beliebiger Datenmengen ermöglicht. So wird die Gesamtheit aller Daten trotz ihrer Heterogenität vergleichbar und als einheitlicher Datenbestand durchsuchbar gemacht.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Der Artikel stellt Material Hub vor, eine Rechercheplattform, die Materialdaten aus bestehenden Quellen über eine einheitliche Suchoberfläche intuitiv zugänglich macht. Neben einer Diskussion der im Projekt entwickelten Konzepte wird der aktuelle Stand der Entwicklung und Evaluation dokumentiert. Als nächste entscheidende Schritte stehen neben der Weiterentwicklung des Domänenmodells und der Rechercheoberfläche die Entscheidung für ein Mapping-Werkzeug und dessen Einbindung in den Importprozess an. Für die Zukunft sind weitere iterative Usability-Evaluationen sowohl im Kontext von Materialien im Lebensmittelkontakt als auch mit anderen Nutzergruppen (Forscher, Studierende, KMU) geplant. Dabei sollen auch alternative Methoden, wie etwa das Concurrent-Think-Aloud-Protokoll bei der Evaluation des iterativ weiterzuentwickelnden Prototyps eingesetzt werden. Während der Projektlaufzeit werden alle Partner bei der Einbindung ihrer Daten unterstützt. Für die Zeit danach gilt es ein sich selbsttragendes Betreibermodell zu entwickeln. Dabei müssen Betrieb, Wartung und Erweiterung der Plattform gewährleistet werden. Der Langzeitbetrieb der Plattform kann durch die SLUB Dresden gewährleistet werden. Bezüglich des Datenschemas gilt es einen Kompromiss zwischen einer standardisierten, starren und einer flexiblen, an zukünftige Anforderungen anpassbaren Umsetzung zu entwickeln. Für die Erweiterung des indexierten Datenbestandes und die potentielle Anpassung des Schemas soll eine Fach-Community aufgebaut werden.

Referenzen

- [1] Friis-Christensen et al. (2017): The JRC multidisciplinary research data infrastructure. In Proceedings of the 19th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2017)
- [2] <http://lucene.apache.org/solr/>
- [3] <http://www.matrec.com/en/materials>
- [4] <http://www.materialdatacenter.com/mb/>
- [5] <http://www.raumprobe.de/materialien/>
- [6] <http://materials.springer.com/>
- [7] <http://www.campusplastics.com/>
- [8] <https://materia.nl/>
- [9] <http://www.matweb.com/>
- [10] http://research.kingston.ac.uk/rematerialise/html_and_flash/searchwelcome.htm
- [11] <https://www.ulprospector.com/>
- [12] <https://www.matdat.com/>
- [13] <http://materials.nrel.gov/>
- [14] <https://www.materialconnexion.com/>
- [15] <http://www.materialarchiv.ch/#/suche>
- [16] <https://www.kern.de/de/richtwerttabelle>
- [17] <http://www.quadrantplastics.com/de/support/material-selection-tool.html>
- [18] <https://matmatch.com/>
- [19] <https://www.stahldaten.de>
- [20] <https://www.grantadesign.com/products/ces/>
- [21] <https://bibcast.openbiblio.eu/schlanke-discovery-loesung-auf-basis-von-typo3-der-neue-bibliothekskatalog-der-slub-dresden/>
- [22] Workshop d:swarm - A Data Management Platform for Knowledge Workers, bei der SWIB 2016 <http://swib.org/swib16/programme.html>
- [23] <http://openrefine.org/>
- [24] <http://usc-isi-i2.github.io/karma/>
- [25] <https://de.talend.com/products/talend-open-studio/>